



**You have downloaded a document from  
RE-BUS  
repository of the University of Silesia in Katowice**

**Title:** Rozwój pokrywy roślinnej i glebowej na wyrobiskach po eksploatacji piasku

**Author:** Oimahmad Rahmonov, Artur Szymczyk

**Citation style:** Rahmonov Oimahmad, Szymczyk Artur. (2011). Rozwój pokrywy roślinnej i glebowej na wyrobiskach po eksploatacji piasku. "Geographia. Studia et Dissertationes" (T. 33 (2011), s. 7-28).



Uznanie autorstwa - Użycie niekomercyjne - Bez utworów zależnych Polska - Licencja ta zezwala na rozpowszechnianie, przedstawianie i wykonywanie utworu jedynie w celach niekomercyjnych oraz pod warunkiem zachowania go w oryginalnej postaci (nie tworzenia utworów zależnych).



UNIwersYTET ŚLĄSKI  
W KATOWICACH



Biblioteka  
Uniwersytetu Śląskiego



Ministerstwo Nauki  
i Szkolnictwa Wyższego

OIMAHMAD RAHMONOV\*, ARTUR SZYMCZYK\*

---

---

## Rozwój pokrywy roślinnej i glebowej na wyrobiskach po eksploatacji piasku

### Zarys treści

Odkrywkowa eksploatacja piasku zawsze prowadzi do całkowitej likwidacji pierwotnej pokrywy roślinnej i glebowej. Niniejszy artykuł przedstawia relacje zachodzące między wkraczającą na wyrobisko roślinnością a rozwojem gleby w inicjalnych fazach sukcesji. Badania prowadzono w piaskowni Kuźnica Warężyńska, położonej na Wyżynie Śląskiej (Polska południowa). Uzyskane wyniki wskazują, że na odsłoniętych w wyniku eksploatacji piaskach, w miejscach niepoddanych rekultywacji, zachodzi spontaniczna regeneracja pokrywy roślinno-glebowej. W obserwowanym na wyrobisku szeregu sukcesyjnym wyróżniono 3 stadia (inicjalne, optymalne i terminalne), w obrębie których wydzielono 6 faz. Najstarszym etapem sukcesji są zbiorowiska ze związku *Dicrano-Pinion*, a czas trwania sukcesji na najstarszych powierzchniach ocenia się na ok. 25 lat. Formująca się gleba pod względem morfologicznym różni się we wszystkich stadiach sukcesyjnych. Jeśli chodzi o zaawansowanie procesów glebotwórczych, to obserwowane gleby, nawet na najstarszych powierzchniach, mają charakter inicjalny i są ubogie w składniki pokarmowe oraz charakteryzują się odczynem od lekko kwaśnego do zasadowego. Właściwości fizykochemiczne formujących się na obszarze piaskowni gleb są uzależnione przede wszystkim od poziomu wód gruntowych, składu chemicznego podłoża oraz czasu trwania sukcesji. Badania dowiodły, że przebieg sukcesji na badanym obszarze uwarunkowany jest zarówno wodami podziemnymi, jak i opadowymi. Różnice te uwidaczniają się przede wszystkim w pierwszej fazie stadium optymalnego. Piaskownia Kuźnica Warężyńska odznacza się ponadto dużą różnorodnością roślinności, wynikającą z mozaikowości siedlisk. Różnicowanie siedliskowe w piaskowni związane jest z urozmaiconą topografią, mikrotopografią oraz warunkami hydrogeologicznymi.

---

\* Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec.

# Wstęp

Przemysł wydobywczy zaliczany jest do najistotniejszych antropogenicznych czynników powodujących odkształcenia środowiska (Mannion, 2001; Jian-Gang i in., 2006). Wyrażają się one całkowitą niejednokrotnie destrukcją dotychczas funkcjonujących ekosystemów, polegającą na zniszczeniu pokrywy roślinno-glebowej i odsłonięciu skały macierzystej lub pokryciu powierzchni świeżym materiałem skalnym (Czyłok, Rahmonov, 1998; Czyłok, 2004). Efektem działania kopalń są, oprócz składowisk skały płonnej i zapadlisk, rozległe wyrobiska po eksploatacji piasku podsadzowego. Na takich terenach rozwijają się nowe serie sukcesji ekosystemów (Szymczyk, 1998; Lukešová, 2001; Novak, Prach, 2003; Cabała, Rahmonov, 2004; Rostański, 2006).

Jednym z obszarów o największej koncentracji piaskowni w Europie jest wschodnia część Wyżyny Śląskiej. Powstanie tych obszarów ściśle wiąże się z wykorzystaniem piasku do wypełniania podziemnych pustek po eksploatacji węgla kamiennego. Region ten przez prawie 200 lat stanowił ośrodek o największej koncentracji kopalń węgla kamiennego na obszarze Polski. Obecnie powierzchnia wyeksploatowanych pól piaskowych wynosi tu ok. 50 km<sup>2</sup> (Czyłok, 2004), a większość z nich podlegała w przeszłości rekultywacji. Badania naukowe nad regeneracją ekosystemów na terenach poeksploatacyjnych należą do rzadkości. Badania z zakresu sukcesji na nierekultywowanych fragmentach piaskowni (Czyłok, Rahmonov, 1996, 2004; Cieszko, Kucharczyk, 1997; Czyłok, 1997, 1998; Szymczyk, 1998, 1999) wskazują, że wkraczanie roślinności ma tu charakter sukcesji pierwotnej, a kształtujące się układy ekologiczne, z uwagi na występowanie wielu rzadkich gatunków roślin związanych z wczesnymi etapami sukcesji, mają unikatowy charakter (Czyłok, Rahmonov, 1996; Czyłok, 2004). Z tego też względu na tych obszarach można badać inicjalne stadia formowania się gleb w powiązaniu z sukcesją roślinności. Do najważniejszych czynników decydujących o przebiegu sukcesji roślinno-glebowej na tym etapie zalicza się: klimat, mikroklimat, rodzaj skały macierzystej, dostępność i odczyn wody (Elgersma, 1998; Weigelt, 2001; Fromm i in., 2002; Jensch, Beyschlag, 2003). Badania prowadzone przez A. Szymczyka (1998, 1999) na wyrobiskach piaskowych wykazały, że istotne znaczenie dla przebiegu sukcesji na wilgotnych i podmokłych spągach piaskowni mają właściwości fizykochemiczne wód.

Celem artykułu jest określenie kierunku i przebiegu pierwotnej sukcesji roślinności oraz rozwoju gleb na wyrobisku po eksploatacji piasków.

## Obszar badań

Badania prowadzono na obszarze piaskowni Kuźnica Wareżyńska, która jest jedną z największych w południowej Polsce. Powierzchnia wyrobiska wynosi ogółem 80 ha. Eksploatowano tu piaski akumulacji rzecznej i wodnolodowcowej (Gilewska, Klimek, 1967). Eksploatację piasku na najstarszych badanych powierzchniach zakończono ok. 1985 r. (Szymczyk, 2001).

Zasadniczy element budowy geologicznej piaskowni stanowią utwory czwartorzędowe (głównie piaski i żwiry przewarstwione ilami). Piaski te podścielone są na większości obszaru utworami permu, wykształconymi w postaci zlepieńców wapiennych. Na niewielkim obszarze w spągu zalegają tu także utwory triasu, karbonu i dewonu (głównie wapienie). W bezpośrednim sąsiedztwie na północ i wschód od wyrobiska znajdują się wychodnie triasu w postaci wapieni i dolomitów. W zasilaniu spągu wyrobiska, oprócz wód czwartorzędowego poziomu wodonośnego, udział biorą wody związane z utworami triasowymi.

Według danych z najbliższej stacji meteorologicznej w Katowicach (Ośródka, 1992), na badanym obszarze przeważają wiatry południowo-zachodnie i zachodnie. Średnia miesięczna temperatura powietrza waha się od  $-2,0^{\circ}\text{C}$  w styczniu do  $17,9^{\circ}\text{C}$  w lipcu. Średnia roczna temperatura wynosi  $8,2^{\circ}\text{C}$ . Najwięcej opadów przypada na lipiec (101 mm), najmniej zaś – na luty (37 mm). Średni roczny opad to 721 mm. Pokrywa śnieżna zalega tu od 75 do 100 dni. Średnia roczna wilgotność powietrza wynosi 75%.

Badane powierzchnie obejmują fragmenty wyrobisk, gdzie procesy ekosystemowe zachodzą w sposób naturalny, nie są zakłócane przez zabiegi rekultywacyjne i mają charakter sukcesji pierwotnej.

## Materiały i metody badań

Badania prowadzono na powierzchniach w obrębie spągu piaskowni, gdzie zwierciadło wód gruntowych zalegało na głębokości od 10 cm do 30 cm. Kryterium doboru powierzchni badawczych był typ roślinności reprezentującej określone fazy sukcesji i związana z nimi pokrywa glebowa.

## Roślinność

Na wszystkich wytypowanych powierzchniach metodą Brauna – Blanqueta wykonano zdjęcia fitosocjologiczne (Fukarek, 1967) i spis florystyczny. Stadia

i fazy sukcesji ustalono na podstawie chronosekwencji rzeczywistej roślinności i pokrywy glebowej.

Przynależność gatunków do poszczególnych grup syntaksonomicznych określono zgodnie z klasyfikacją W. Matuszkiewicza (2001). Nazewnictwo roślin naczyniowych przyjęto za Z. Mirkiem i in. (2002), a mchów – za R. Ochyrą i P. Szmajdą (1992).

## Gleby

W celu dokonania charakterystyki siedlisk wykonano profile glebowe na powierzchniach z następującymi fazami: związaną z glonami (*Algae* – profil nr 1), mszaków (głównie prątnik trójrzędowy *Bryum pseudotriquetrum* – profil nr 2), skrzypu pstrego (*Equisetum variegatum* – profil nr 3), turzycy sinej (*Carex canescens* – profil nr 4), wierzby rokity (*Salix rosmarinifolia* – profil nr 5) oraz biogrupy sosnowo-brzozowo-osikowej (*Pinus sylvestris*-*Betula pendula*-*Populus tremula* – profil nr 6). W przypadku profili nr 2, 3, 5 i 6 sporządzono opisy morfologiczne (tabela 1–4). Z każdego wyróżnionego poziomu genetycznego pobrano próbki gleb do worków płóciennych oraz pudełek plastikowych w celu wykonania analiz laboratoryjnych.

Zgodnie ze standardami stosowanymi w Polsce, przeprowadzono następujące analizy: straty prażenia – w temperaturze 550°C, odczyn metodą potencjometryczną z użyciem elektrody szklanej (w H<sub>2</sub>O i 1-molowym KCl), węgiel organiczny (C<sub>org</sub>) w poziomach organicznych metodą Alena i w poziomach mineralnych metodą Tiurina, azot ogólny (N<sub>t</sub>) metodą Kjeldahla, fosfor przyswajalny (P<sub>przys.</sub>) metodą Egnera – Riehma, kwasowość hydrolityczną (H<sub>b</sub>) metodą Kappena, glin wymienny (Al<sup>3+</sup>) i wodór wymienny (H<sup>+</sup>) metodą Sokołowa, zawartość całkowitą P, Mg, Na, K po ekstrakcji próbek 1-molowym CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> o pH = 7 i pomiarem za pomocą aparatu ASA (firmy Solaar): Ca i Mg – w wersji absorpcyjnej, a Na i K – w wersji emisyjnej.

## Morfologiczny opis profili glebowych

**Profil 3.** Faza 0 – profil wykonany pod zbiorowiskiem z dominacją *Equisetum variegatum* i towarzyszącymi pojedynczo takimi taksonami, jak: *Betula pendula*, *Pinus sylvestris*, *Alnus incana*, *Salix rosmarinifolia*, *Corynephorus canescens* i *Epipactis palustris*. Z mszaków dominuje *Bryum pseudotriquetrum*.

Profil usytuowany był na skraju niecki o lekkim nachyleniu w kierunku północnym. Zagłębienia i mikrozagłębienia są wypełnione wodą. Poziom wody

gruntowej zalega na głębokości 10 cm. Na powierzchni terenu gdzieś tam obserwuje się wytrącone osady węglanu wapnia. Morfologię gleby przedstawia tabela 1.

Morfologia gleby pod zbiorowiskiem z *Equisetum variegatum*  
Soil morphology under the community with *Equisetum variegatum*

TABELA 1  
TABLE 1

Poziom genetyczny	Głębokość [cm]	Opis profilu
Ol/A	0,0–3,5	poziom organiczno-próchniczny, składający się z opadu skrzypu pstrego, szczotliwych siwek i wierzb rokity; w jego spągowej części mineralnej występują żywe korzenie wspomnianych gatunków
A	3,6–6,5	poziom próchniczny, piasek średnioziarnisty z pojedynczymi ziarnami żwiru, barwy czarnej, wilgotny, przerośnięty żywymi korzeniami
BC	6,6–13,0	formujący się inicjalny poziom wmycia, piasek różnoziarnisty, z domieszką ilu, koloru ciemnożółtego, pojedyncze fragmenty kłączy trzciny pospolitej

**Profil 2.** Faza mszysta: Z mszaków dominuje tu *Bryum pseudotriquetrum*. Wśród roślin naczyniowych występują pojedyncze okazy *Carex canescens*, *Equisetum variegatum*, *Epipactis palustris* oraz drobne okazy *Salix rosmarinifolia*. Powierzchnia charakteryzuje się strukturą dolinkowo-kępkową, wysokość kępek waha się od 7 cm do 15 cm. Morfologię gleby przedstawia tabela 2.

Morfologia gleby pod mszakami  
Morphology of soil under bryophytes

TABELA 2  
TABLE 2

Poziom genetyczny	Głębokość [cm]	Opis profilu
Ol	0,0–6,0	poziom organiczny utworzony z darni mszaków oraz pojedynczych osobników turzycy sonej i skrzypu pstrego
A	6,1–9,8	poziom próchniczny, piasek drobnoziarnisty, barwy czarnej, znaczny udział zarówno obumarłych, jak i żywych korzeni
B	10,0–15,0	formujący się poziom wmycia, piasek średnioziarnisty, z żółtozielonymi plamami (ślady oglejenia), z dużą liczbą drobnych korzeni roślin zielnych, poniżej tego poziomu, w piaskach o cechach skały macierzystej, występują kłączy trzciny pospolitej

**Profil 5.** Faza 3: Zbiorowisko z dominującą *Salix rosmarinifolia*. Współtowarzyszą jej *Pinus sylvestris* i *Populus tremula*. Z roślin zielnych zanotowano: *Carex hirta*, *Calamagrostis epigejos*, *Equisetum variegatum*, *Holcus mollis* i *Deschampsia flexuosa*. Powierzchnia jest płaska, poziom wody gruntowej – na głębokości 30 cm. Opis profilu przedstawia tabela 3.

TABELA 3

Morfologia gleby pod zbiorowiskiem z *Salix rosmarinifolia*

TABLE 3

Morphology of soil under the community with *Salix rosmarinifolia*

Poziom genetyczny	Głębokość [cm]	Opis profilu
Ol	0,0–0,8	poziom organiczny podpoziomu surowinowego, składa się głównie z opadu sosnowego, brzozowego, osikowego; mała ilość opadu wierzby rokity wiąże się z jego szybkim rozkładem
Of	0,9–1,4	podpoziom butwinowy ze słabo rozpoznawalnymi szczątkami wyżej wymienionych roślin
A	2,0–13,0	poziom próchniczny, piasek średnioziarnisty, barwa czarna, wilgotny i poprzerastany głównie korzeniami wierzby
A/C	14,0...	poziom przejściowy, piasek średnioziarnisty, w spągowej części poziomu kieszenie żelaziste i mniejszy udział korzeni

**Profil 6.** Faza 4: Biogrupa sosnowo-brzozowo-osikowa (*Pinus sylvestris*, *Betula pendula*, *Populus tremula*). Pojedynczo występują także *Salix rosmarinifolia*, a z gatunków zielnych – *Equisetum variegatum*, *Juncus conglomeratus*, *J. articulatus* i *Lycopodiella inundata*. Powierzchnia jest płaska, poziom wody gruntowej znajduje się na głębokości od 20 cm do 22 cm.

## Woda

Poziom wód gruntowych na poszczególnych powierzchniach określano w trakcie wykonywania odkrywek glebowych. Analizy chemiczne wody sporządzono dla dwóch najwydajniejszych źródeł znajdujących się na obszarze wyrobiska oraz rozlewisk potoków i zagłębień zasilanych wodą opadową, w miejscach, gdzie zaobserwowano wyraźne zróżnicowanie roślinności.

Analizie poddano: odczyn wody, przewodnictwo elektryczne właściwe oraz zawartość jonów –  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  i  $\text{SO}_4^{2-}$ . Pomiarów odczynu i przewodnictwa elektrycznego właściwego dokonywano każdorazowo podczas pobierania próbek wody w terenie. Pomiar przewodnictwa elektrycznego właściwego prowadzono za pomocą konduktometru CC-315, a pomiar odczynu wody – stosując pehametr CP-315 (firmy Elmetron). Analizy chemiczne wykonano i sprawdzono, posługując się metodami opisanymi przez E.W. Krawczyk (1999).

# Wyniki

## Przebieg sukcesji

W obserwowanym szeregu sukcesyjnym na wyrobisku po eksploatacji piasku wyróżniono 3 stadia (inicjalne, optymalne i terminalne), w obrębie których wydzielono 6 faz. Czas trwania sukcesji na najstarszych powierzchniach ocenia się na 25 lat. Sukcesja na zawilgoconych piaszczystych powierzchniach wyrobiska inicjowana jest przez glony i sinice (faza 0). Pojawianie się tego stadium na wilgotnych piaskach jest uzależnione od udziału frakcji drobnoziarnistej w materiale podłoża, przy czym właściwości fizykochemiczne wody (rys. 1) mogą mieć odzwierciedlenie w składzie gatunkowym zasiedlających piasek glonów. Płaty glonów inicjują rozwój gleby przez spajanie ziaren piasków i utrwalanie luźnego piasku.

**Faza 1** stanowi okres kolonizacji pokryw glonowych głównie przez hydrofilne i higrofilne mszaki. Wśród nich można wymienić: *Bryum pseudotriquetrum*, *B. bimum*, *Polytrichum commune*, *Sphagnum flexuosum*, *Aulacomnium palustre*, *Caliergonella cuspidata* i *Campyliadelphus stellatus* (rys. 2). Skład gatunkowy tworzących się zbiorowisk mszystych determinowany jest przez właściwości fizykochemiczne wód zasilających. Na powierzchnie zasilane wodami o odczynie zbliżonym do obojętnego, ze znaczną zawartością jonów  $\text{Ca}^{2+}$ , wkraczają głównie takie mszaki, jak *Bryum pseudotriquetrum* i *B. bimum*. W miejscach oddziaływania wód o odczynie kwaśnym i niskim stężeniu jonów  $\text{Ca}^{2+}$  stadium mszyste budują najczęściej torfowce *Sphagnum* sp., *Polytrichum commune*, a czasem *Aulacomnium palustre*.

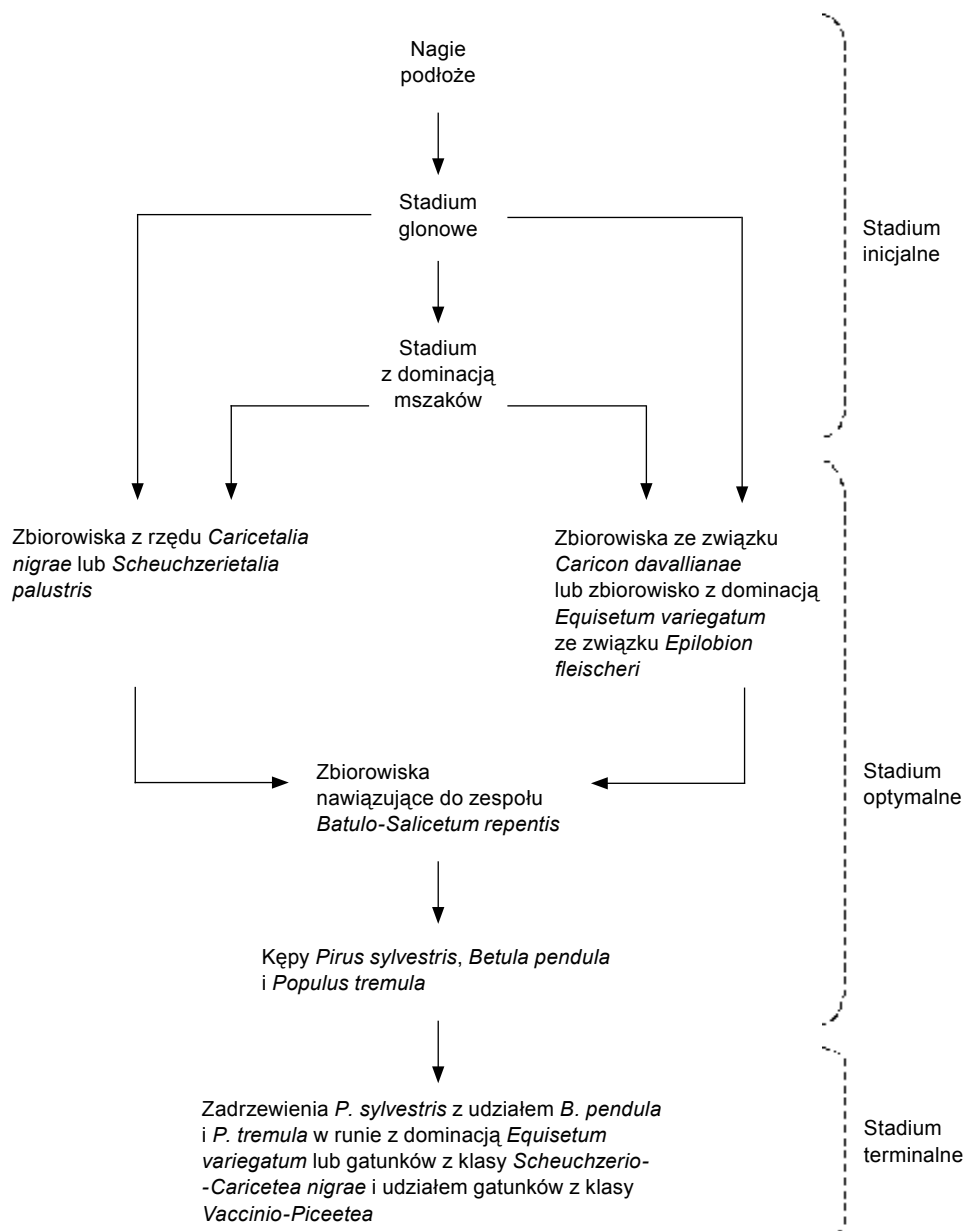
**Faza 2** charakteryzuje się stopniowym rozwojem młak niskoturzycowych, które mogą się pojawiać dość wcześnie na powierzchniach niezajętych jeszcze przez mszaki (rys. 2). Także w tej fazie na pojawiającą się roślinność wpływ wywierają właściwości fizykochemiczne wody zasilającej. W miejscach zasilanych wodami o wysokim stężeniu jonów  $\text{Ca}^{2+}$  (tabela 5) rozwijały się zbiorowiska z dominacją skrzypu pstrego *Equisetum variegatum* i eutroficzne młaki niskoturzycowe ze związku *Caricion davallianae*. Na powierzchniach zasilanych wodami kwaśnymi o niskim stężeniu jonów  $\text{Ca}^{2+}$  faza ta reprezentowana była przez oligotroficzne zbiorowiska niskoturzycowych młak ze związku *Caricion nigrae* (rys. 1).

**Fazę 3** cechuje rozwój zbiorowisk krzewiastych nawiązujących do zespołu *Betulo-Salicetum repentis* z charakterystycznym udziałem *Salix rosmarinifolia* i gatunkami przechodzącymi z klas *Thalaspiaetea rotundifoliae* i *Scheuchzeria-Caricetea nigrae*. Zarówno pojawienie się tej roślinności, jak i kolejne fazy obserwowanej na piaskowni sukcesji są już niezależne od lokalnej zmienności właściwości fizykochemicznych wód zasilających.



Siedliska zasilane głównie wodami opadowymi o odczynie kwaśnym i niskiej zawartości  $\text{CaCO}_3$

Siedliska zasilane głównie wodami podziemnymi o odczynie zasadowym i wysokiej zawartości  $\text{CaCO}_3$



Rys. 1. Schemat przebiegu sukcesji w piaskowni Kuźnica Warężyńska

Fig. 1. The course of succession in Kuźnica Warężyńska sandpit

**Faza 4** – wkraczanie gatunków drzewiastych; rozpoczyna się ono już w fazie 2 i zachodzi przez tworzenie się biogrup (faza 4). Gatunkami inicjującymi powstanie kępki są najczęściej krzewy *Salix rosmarinifolia*. W skład kępek wchodzi: *Pinus sylvestris*, *Populus tremula* oraz *Betula pendula*. Z czasem w kępkach tych przewagę uzyskuje sosna i pojawiają się gatunki borowe (faza 5), przechodząc tym samym w stadium terminalne (tabela 4). Na tym etapie sukcesji przybywa gatunków charakterystycznych dla zbiorowisk borowych, jak: *Pyrola rotundifolia*, *P. minor* czy *Vaccinium vitis-idaea* i inne. Najstarszą obserwowaną na badanym obszarze fazę stadium terminalnego tworzą różnego typu zadrzewienia z udziałem *Pinus sylvestris* (tabela 3), które w przyszłości przekształcą się w bór sosnowy.

W inicjalnych zbiorowiskach na uwagę zasługuje występowanie dużych populacji gatunków chronionych, między innymi: *Pinguicula vulgaris*, *P. bicolor*, *Liparis loeseli*, *Epipactis palustris*, *Tofieldia caliculata*, *Drosera rotundifolia*, *Lycopodiella inundata* i inne (tabela 4).

Morfologia gleby pod biogrupą sosnowo-brzozowo-osikową  
Morphology of soil under the pine-birch-aspen community

TABELA 4  
TABLE 4

Poziom genetyczny	Głębokość [cm]	Opis profilu
Ol	0,0–0,5	poziom organiczny z podpoziomem surowinowym, składający się z opadu sosny (głównie igliwia i szyszki – nierozłożone), osiki, brzozy i wierzby rokity
A	1,0–6,0	poziom próchniczny, piasek średnioziarnisty, barwa ciemnoszara, wilgotny, mało korzeni
A/C	7,0–9,0	poziom przejściowy, piasek średnioziarnisty, w spągowej części poziomu kieszenie żelaziste
C	10,0....	poziom skały macierzystej, piasek średnioziarnisty, wilgotny, znaczny udział okruchów wapiennych

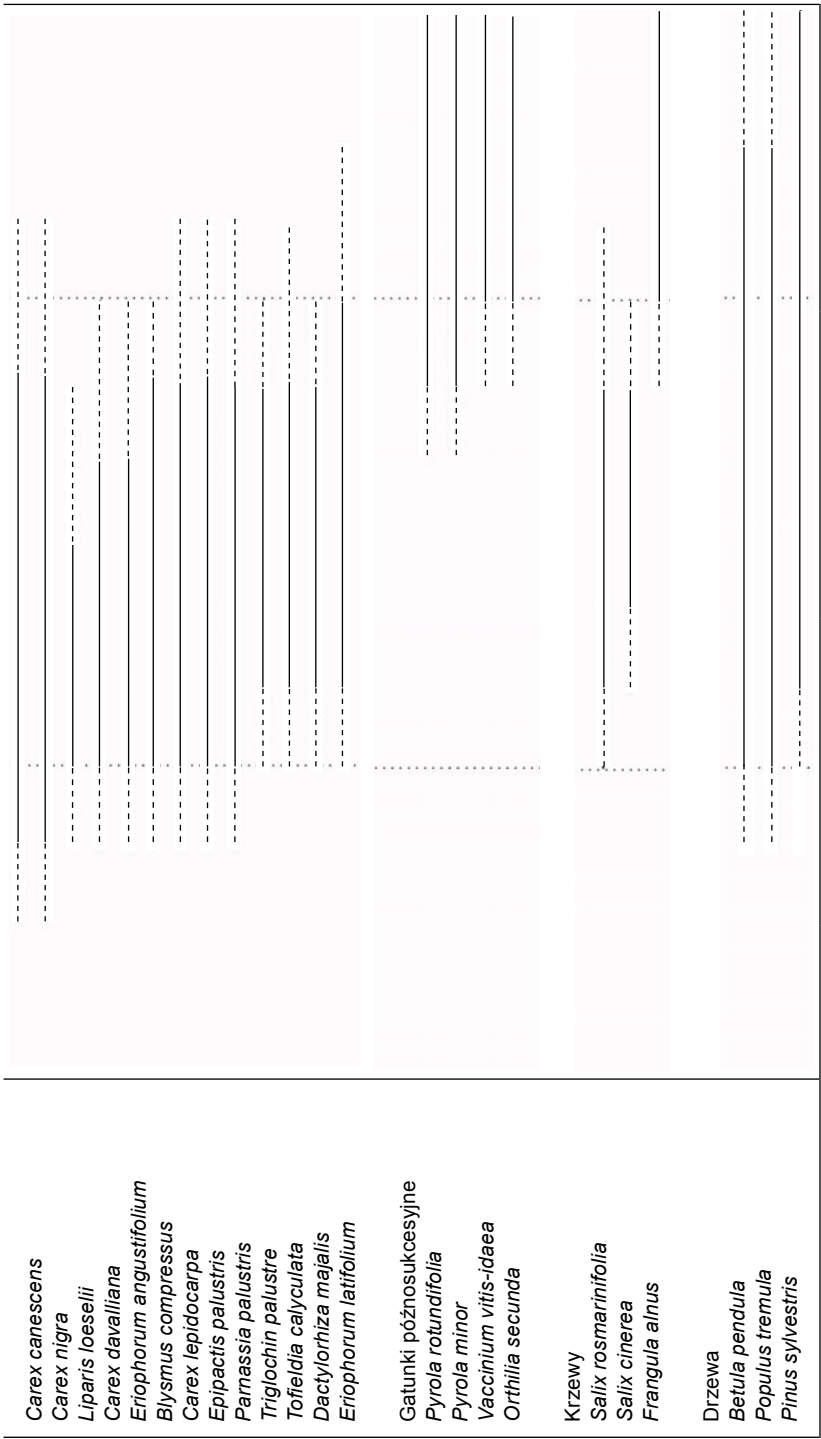
Duże zróżnicowanie siedlisk na obszarze piaszkowni Kuźnica Warężyńska uwarunkowane jest mozaikowością podłoża i pochodzeniem wody zasilającej. Spośród badanych parametrów fizykochemicznych wód najistotniejsze znaczenie dla przebiegu wczesnych etapów sukcesji ma zawartość jonów wapnia i odczyn. Wody badanych wypływów charakteryzują się wysoką mineralizacją i dużą zawartością jonów wapnia. Ich odczyn jest zbliżony do obojętnego lub zasadowy (tabela 5).

Wybrane właściwości fizykochemiczne wód źródeł w piaszkowni Kuźnica Warężyńska  
Some physical and chemical outflow water properties in the area of Kuźnica Warężyńska sandpit

TABELA 5  
TABLE 5

Numer próby	pH	C [μS/cm]	M [mg/l]	TH [mg/l]	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Typ wody
					[mg/l]								
1	6,49	795	492,9	259,3	64,5	32,6	27,5	2,9	195,0	110,0	0,0	54,9	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> -Ca-Mg
2	7,3	729	452,0	312,8	78,0	28,7	16,6	1,7	214,2	92,8	12,4	46,2	HCO <sub>3</sub> -Ca-Mg

Gatunki uczestniczące w sukcesji	Stadium inicjalne		Stadium optymalne				Stadium terminalne	
	0	1	2	3	4	5	6	
	Glony i sinice	mszaki zbiorowiska z klas: <i>Thlaspiefea rotundifolii</i> i <i>Scheuchzerio-Caricetea nigrae</i>		Zakrzewienia nawiązujące do zespołu <i>Betulo-salicetum repentis</i>	Biogrupy <i>P. sylvestris</i> , <i>P. tremula</i> , <i>B. pendula</i>	Zwarte zadrzewienia <i>P. sylvestris</i> , <i>P. tremula</i> , <i>B. pendula</i>		
<b>Glony</b>								
<b>Mszaki</b>								
<i>Brachytecium oedipodium</i>								
<i>Preissia quadrata</i>								
<i>Bryum bimum</i>								
<i>Politrychum piliferum</i>								
<i>Campyliadelphus stellatus</i>								
<i>Bryum pseudotriquetrum</i>								
<i>Pholia wahlenbergii</i>								
<i>Politrychum juniperinum</i>								
<i>Sphagnum flexuosum</i>								
<i>Politrychum commune</i>								
<i>Aulacomnium palustre</i>								
<i>Calliergonella cuspidata</i>								
<i>Pleurozium schreberi</i>								
<b>Rośliny zielone</b>								
<b>Gatunki wczesnosukcesyjne</b>								
<i>Pinguicula vulgaris</i>								
<i>Drosera rotundifolia</i>								
<i>Juncus articulatus</i>								
<i>Lycopodiella inundata</i>								
<i>Equisetum variegatum</i>								
<i>Carex flava</i>								



Rys. 2. Zmiany gatunków i następstwo zbiorowisk roślinnych podczas sukcesji w piaskowni Kuźnica Wareżyńska (wg Rahmonov, Szymczyk, 2010)

Fig. 2. Species changes in plants and communities sequence during succession in Kuźnica Wareżyńska sandpit (after: Rahmonov, Szymczyk, 2010)

Wybrane właściwości fizykochemiczne rozlewisk potoków (próby 1, 2, 3)  
i zagłębień bezdopływowych (próby 4, 5) w piaskowni Kuźnica Warężyńska

TABELA 6

Some physical and chemical properties of flood water (points: 1, 2, 3)

TABLE 6

and water in hollow without flow (points: 4, 5) in the area of Kuźnica Warężyńska sandpit

Numer próby	pH	C [μS/cm]	M [mg/l]	TH [mg/l]	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>
					[mg/l]							
1	7,44	765	474,3	380,0	125,0	16,5	12,5	3,9	314,3	102,3	16,0	23,0
2	7,35	621	385,0	270,3	82,2	15,8	13,0	5,7	181,8	111,1	13,0	28,7
3	7,37	688	426,6	310,3	76,2	29,2	15,4	4,3	265,4	75,0	2,0	31,9
4	5,44	154	95,4	56,1	17,8	2,8	2,0	4,3	19,5	39,5	3,8	2,8
5	6,62	185	114,7	75,1	24,0	3,6	3,0	4,7	33,6	37,4	2,7	11,7

Wody pobrane z zagłębień zasilanych wodą opadową charakteryzowały się niskim pH i małą zawartością jonów wapnia (tabela 6). Ich parametry fizykochemiczne były podobne do podawanych dla wód opadowych przez M. Leśnioka (1996, 2000).

## Morfologia i właściwości chemiczne gleby

Gleba formująca się na dnie wyrobiska w poszczególnych fazach sukcesji wykazuje zróżnicowanie pod względem morfologicznym na poziomy organiczny (O) i próchniczny (A). Poziom organiczny (O) różnicuje się na podpoziomy Ol i Of jedynie w przypadku gleby formującej się pod *Salix rosmarinifolia*. Tworzące się pod tym gatunkiem inicjalne gleby charakteryzują się budową profilową typu Ol-Of-A-A/C-C. W pozostałych glebach obserwuje się jedynie postać O/A (w przypadku *Algae*) i Ol, Ol/A w profilach nr 1, 2, 3. Najbardziej miększe poziomy próchniczne występują pod *Salix rosmarinifolia*, w przeciwieństwie do pozostałych profili glebowych (tabela 1 glebowa). Poziom Ol w każdym przypadku stanowi nierozłożony opad, na który składają się gałęzie, liście oraz inne części roślin występujących na badanej powierzchni. Podpoziom ten cechuje zawartość Corg od 14% do 50%, azotu Nt od 0,375% do 0,980%, i stosunek C/N wynoszący 26.

Gleby formujące się pod badanymi zbiorowiskami roślinnymi charakteryzują się odczynem od kwaśnego do obojętnego, wahającym się w poziomach mineralnych w zakresie 5,4–7,5 w wodzie i 5,1–7,1 w KCl. Kwasowość hydrolytyczna i wymienna (H<sup>+</sup>, Al<sup>3+</sup>) są podobne i wykazują bardzo niskie wartości (tabela 7).

Wybrane właściwości chemiczne gleb tworzących się pod różnymi typami roślinności  
na obszarze piaskowni Kuźnica Warężyńska

Some chemical properties of soils forming under various type of vegetation  
in the area of Kuźnica Warężyńska sandpit

TABELA 7

TABLE 7

Numer profilu	Miąższość poziomów	Strata prażenia	Corg	Nt	C/N	pH		Kwasowość hydrolityczna	Kationy kwasowe	
									H <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>
	[cm]	[%]				H <sub>2</sub> O	KCl	cmol(+) kg <sup>-1</sup>		
Profil 1 – gleba pod skrzypem pstrym										
Ol/A	0,0–35,0	71,0	35,0	0,834	42	–	–	–	0,36	0,21
A	3,6–6,5	14,0	6,5	0,298	22	7,0	6,9	–	0,09	0,03
BC	6,6–13,0	1,0	0,271	0,008	34	7,0	6,8	0,23	0,18	0,57
C	14,0...	1,51	0,53	0,007	75	7,3	6,7	0,23	0,09	0,0
Profil 2 – gleba pod prątnikiem trójrzędowym										
Ol	0,0–6,0	79,0	38,0	0,650	58	–	–	0,31	0,0	0,0
A	6,1–9,8	25,0	9,0	0,412	22	–	–	0,23	0,0	0,0
B	10,0–15,0	2,4	0,59	0,014	42	7,1	7,0	0,19	0,09	0,0
Profil 3 – gleba pod biogrupą sosnowo-brzozowo-osikową										
Ol	0,0–0,5	71,0	45,0	0,597	75	4,3	4,2	1,25	2,61	0,78
A	1,0–6,0	3,0	1,34	0,038	35	5,4	5,1	1,08	0,57	0,18
A/C	7,0–9,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
C	10,0...	0,41	0,10	0,004	25	7,3	6,7	0,45	0,09	0,15
Profil 4 – gleba pod wierzbą rokitą										
Ol	0,0–0,8	90,0	50,0	0,980	51	–	–	–	2,44	0,86
Of	0,9–1,4	67,0	42,0	0,926	45	5,7	5,5	–	0,66	0,45
A	2,0–13,0	4,1	2,3	0,078	29	6,5	6,1	0,86	0,05	0,05
A/C	14,0...	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Profil 5 – gleba pod turzycą siną										
Ol	0,0–3,0	52,0	14,0	0,375	37	7,4	7,2	–	0,0	0,0
A	3,0–6,0	6,0	2,1	0,104	20	7,5	7,4	0,19	0,0	0,0
C	> 7,0	1,4	0,33	0,029	11	7,5	7,1	0,0	0,0	0,0
Profil 6 – gleba pod glonami										
A	0,0–3,0	3,27	1,52	0,041	37	4,9	4,4	2,29	1,2	0,45

Zawartość węgla organicznego i azotu w zależności od typu roślinności jest zróżnicowana. Największą koncentrację tych pierwiastków stwierdzono w poziomie A w fazie mszystej. Stosunek C/N waha się w szerokich granicach we wszystkich badanych zbiorowiskach, co świadczy o słabym procesie mineralizacji i niskiej aktywności biologicznej gleby. Zawartości dostępnych dla roślin form P, Mg, K, Na w poziomie próchnicznym są niskie, a wśród nich najmniej jest fosforu. Najwyższe zawartości badanych elementów stwierdzono w poziomach lub podpoziomach organicznych (tabela 8).

TABELA 8  
TABLE 8

Zawartość wybranych składników pokarmowych  
w glebach piaskowni Kuźnica Warężyńska  
Contents of chosen nutrient elements in soils  
of Kuźnica Warężyńska sandpit

Numer profilu	Mięszczość poziomów	P <sub>tot</sub>	P <sub>avail</sub>	Mg	Na	K
	[cm]	mg/kg		mg/kg		
Profil 1 – gleba pod skrzypem pstryym						
Ol/A	0,0–3,5	790	147,0	117,0	312	226
A	3,6–6,5	238	18,0	31,0	70	163
BC	6,6–13,0	57	8,0	0,8	34	33
C	14,0...	110	11,0	–	–	–
Profil 2 – gleba pod prątnikiem trójrzędowym						
Ol	0,0–6,0	578	98,0	102,0	846	1 874
A	6,1–9,8	460	12,0	31,0	124	372
B	10,0–15,0	161	81,0	7,6	36	57
Profil 3 – gleba pod biogrupą sosnowo-brzozowo-osikową						
Ol	0,0–0,5	494	72,0	92,0	114	926
A	1,0–6,0	74	5,0	0,96	36	52
A/C	7,0–9,0	–	–	–	–	–
C	10,0....	51	1,1	2,0	25	18
Profil 4 – gleba pod wierzbą rokitą						
Ol	0,0–0,8	784	111,0	239,0	120	1 906
Of	0,9–1,4	746	92,0	117,0	210	736
A	2,0–13,0	93	1,4	9,0	53	39
A/C	14,0...	–	–	–	–	–
Profil 5 – gleba pod turzycą siną						
Ol	0,0–3,0	330	88,0	–	198	1 366
A	3,0–6,0	116	10,0	–	44	50
C	> 7	54	6,0	–	26	21
Profil 6 – gleba pod glonami						
A	0,0–3,0	81	2,4	0,96	27	43

Zgodnie z nazewnictwem, według Systematyki gleb Polski (1989), gleby należy określić jako: litogeniczne, mineralne inicjalne i słabo wykształcone gleby inicjalne (wg FAO (1988): *Haplic Arenosols*, wg WRB (1998): *Protic Arenosols*).

## Dyskusja

Wielkoobszarowe wyrobiska po eksploatacji piasku są przykładem tak drastycznych odkształceń środowiska, że ekosystemy muszą się tu kształtować od nowa. Dno wyrobiska oraz jego skarpy tworzą jałowe przemyte piaski i żwiry; spotyka się też wkładki ze znacznym udziałem ilów. W miejscach, gdzie w trakcie eksploatacji przecięto warstwy wodonośne, wypływa lub sączy się woda. Z uwagi na fakt, że omawiane piaski często bezpośrednio kontaktują się z utworami mezo-zoicznymi (trias, jura) wypływające wody są miejscami bogate w węglan wapnia, magnez i wodorowęglany (Czyłok, Rahmonov, 1996).

Sukcesja roślinności jest procesem bardzo powolnym, co niejednokrotnie uniemożliwia bezpośrednie śledzenie zachodzących w jej trakcie przemian roślinności w krótkim okresie. Dlatego w celu ustalenia sekwencji zmian roślinności zachodzących w wyrobiskach i etapów rozwoju gleby zastosowano chronosekwencję rzeczywistych zbiorowisk roślinnych i formujących się gleb, zakładając, że starsze powierzchnie przeszły takie same etapy rozwoju, jak powierzchnie młodsze. Sposób ten stosowany był wielokrotnie przez badaczy do opisywania sukcesji roślinności i rozwoju gleb w różnych ekosystemach (Pickett, 1989; Fastil, 1995; Falińska, 2003; Rahmonov, 2007). Pozwolił na śledzenie przemian na zróżnicowanych wiekowo powierzchniach charakteryzujących się podobnymi uwarunkowaniami siedliskowymi. Czas trwania sukcesji oceniano także na podstawie archiwalnych map eksploatacyjnych, zawierających daty zakończenia eksploatacji poszczególnych poziomów.

Po zaprzestaniu eksploatacji na obszarach, gdzie zachodzi grawitacyjne odwadnianie, a powierzchnia nie jest naruszana, następuje kolonizacja spągu wyrobisk przez zespoły tzw. naziemnych glonów glebowych (Shtina, Hollerbach, 1976; Rahmonov, Piątek, 2007). Inicjalne fazy sukcesji związane z pojawianiem się glonów obserwowane w wyrobiskach są podobne także na innych obszarach piaszczystych oraz w zagłębieniach międzywydmowych (Elgersma, 1998; Paczyńska-Fałtynowicz, 1997; Cabała, Rahmonov, 2004; Czyłok, Rahmonov, 2004).

Na siedliskach, gdzie poziom wód jest stale wysoki, czynnikiem hamującym wkraczanie drzew mogą być wykształcające się na wcześniejszych etapach sukcesji mszary, budowane przez gatunki z rodzaju *Sphagnum* sp. i *Politrychum commune* lub *Aulacomnium palustre*. Na hamowanie wkraczania gatunków późnosukcesyjnych przez gatunki wczesnosukcesyjne zwrócili uwagę J.J. Armesto i S.T.A. Pickett (1986) oraz L.R. Walker i F.S. Chapin (1987). Hamowanie to może się odbywać w różny sposób. Zwarte poduchy mchów mogą fizycznie utrudnić dostawę nasion gatunków drzewiastych do banku, izolując je od podłoża. Podobny wpływ zwartych pokryw mszystych na obszarach piaszczystych o niskim poziomie lustra wody gruntowej zaobserwowali również inni badacze (Symonides,



1986; Osbornová i in., 1990). Także zaobserwowane w piaskowniach zjawisko przemarzania darni mszystej przy braku pokrywy śnieżnej może powodować wymrażanie jednorocznych, słabo ukorzenionych siewek. Innym czynnikiem hamującym wkraczanie gatunków drzewiastych na powierzchnię, po których stale sączy się woda, jest okresowe występowanie w piaskowniach nalodzi związanych z wypływami wód podziemnych mogących powodować wymrażanie siewek i gatunków mniej odpornych. Największe i najgrubsze pokrywy nalodzi tworzyły się w miejscach porośniętych zbiorowiskami mszystymi lub – rzadziej – roślinnością z klasy *Scheuchzeria-Caricetea fusce*. W zbiorowiskach tych występowały jedynie skarłate sosny i brzoza.

Śród gatunków naczyniowych we wczesnych etapach sukcesji na wszystkich powierzchniach najwcześniej pojawia się skrzyp pstry *Equisetum variegatum*. Z fitogeograficznego punktu widzenia gatunek ten jest elementem arktyczno-alpejskim (Zając, 1996). Na Alasce oraz w rejonie zachodniego Spitsbergenu skrzyp ten, wraz z innymi gatunkami, także uczestniczy w tworzeniu inicjalnych stadiów sukcesji roślinności (Crocker, Major, 1955; Świąs, 1988). W literaturze fitosocjologicznej (Matuszkiewicz, 2001) jest on uważany za charakterystyczny dla rzędu *Epilobietalia fleischeri*. Rząd ten grupuje otwarte pionierskie zbiorowiska, inicjujące sukcesję roślinności na kamieńcach i w dolinach nieuregulowanych rzek górskich. Śród pionierskich gatunków, które w Karpatach uczestniczą w zasiedlaniu żwirowisk i kamieńców, na wyrobisku Kuźnica Warężyńska odnotowano również wrześnię pobrzeżną *Myricaria germanica* (Czyłok, 2004).

## Gleba

Odczyn gleby w poziomie A w miarę postępu sukcesji nie wykazuje różnicowania (tabela 1) pod gatunkami dominującymi we wszystkich stadiach i fazach sukcesji roślinności, poza algocenozą i *Pinus sylvestris*. Współczesna kwasowość, najwyższa pod *Pinus sylvestris* w poziomie organicznym i próchnicznym (O i A), może wynikać z dostawy kwasów organicznych pochodzących z rozkładu opadu roślinnego, w tym sosny. Wiąże się to ze składem chemicznym opadu tego gatunku, który wpływa na proces kształtowania właściwości gleby (Rahmonov, 2007). Dla zbiorowisk dążących do borowienia charakterystyczny jest wyraźny spadek pH (Czyżewska, 1992; Jankowski, Bednarek, 2000, 2002; Nierop i in., 2001; Jentsch i in., 2003; Isermann, 2005), natomiast w badanych glebach trendu tego się nie obserwuje. Badane gleby odznaczają się różnicowanym odczynem i należy uznać je za kwaśne, lekko kwaśne i obojętne. Podwyższony odczyn gleb jest związany z obecnością węglanów (w postaci okruców wapiennych o różnym rozmiarze, strączeń węglanowych i węglanów rozpuszczonych w wodzie) w obrębie analizowanych warstw piasków wodnolodowcowych lub proluwialno-rzecznych pochodzących z okresu zlodowacenia środkowopolskiego

i bałtyckiego (Gilewska, Klimek, 1967; Szczypek, Wach, 1989; Pełka-Gościński, 2007). Woda ma istotny wpływ na właściwości fizykochemiczne gleby, wręcz warunkuje jej rozwój na tym etapie. Potwierdzają to także badania na innych wyrobiskach prowadzone przez A. Szymczyka (1999). Rozpuszczone w tych wodach substancje organiczne i mineralne dostarczają roślinom składników pokarmowych, które w przypadku innych ekosystemów pochodzą najczęściej z procesów mineralizacji ściółki (Dziadowiec, 1990), procesów glebowych oraz wietrzenia minerałów (Bednarek i in., 2004). Uzyskane wyniki są bardzo podobne do rezultatów z siedlisk ze zbiorowiskami roślinnymi znajdującymi się w podobnych stadiach sukcesji na innych obszarach piaszczystych (Czyłok, Rahmonov, 2004).

Zawartość węgla organicznego i jej zróżnicowanie w poszczególnych fazach sukcesji jest uwarunkowane przede wszystkim rodzajem roślinności i poziomem wód gruntowych. Tak duże zawartości Corg w poziomie mineralnym i organicznym ściśle wiążą się z koloidami organicznymi pochodzącymi ze współczesnego opadu roślinnego. We wszystkich fazach sukcesji stosunki C/N (tabela 1 glebowa) są niekorzystne i procesy mineralizacji zachodzą bardzo powoli. Jest to związane głównie z wysokim poziomem wód gruntowych na tym terenie (znajdującym się już na głębokości 10 cm).

Całkowita zawartość badanych pierwiastków, takich jak:  $P_{\text{ogólny}}$ ,  $P_{\text{dostępny}}$ , Mg, Na i K, na tym etapie sukcesji nie jest uwarunkowana wietrzeniem skał, na których formuje się gleba, lecz ma związek z mineralizacją substancji organicznej, zarówno *in situ*, jak i *ex situ*.

Piaski, które stanowią skałę macierzystą dla rozwijającej się gleby, zawierają znaczne ilości frakcji pylastej i ilastej (ok. 10%). Dzięki temu powierzchnie takie są szybciej kolonizowane przez wczesnosukcesyjne organizmy, jak sinice czy glony. Co roku ich obumarłe plechy dostarczają glebie materii organicznej. Podłoże, na którym inicjowana jest sukcesja, nie jest całkowicie pozbawione substancji organicznej i składników pokarmowych, między innymi dzięki udziałom organizmów niższych (Shtina, Hollerbach, 1976). Wstępne informacje o pionierskiej roli stadium glonowego w inicjowaniu procesów glebotwórczych na wyrobiskach po eksploatacji piasku podali A. Czyłok i O. Rahmonov (2004). Stadium, w którego tworzeniu, oprócz glonów, uczestniczą grzyby, porosty, wątrobowce oraz mszaki, zwane jest biologiczną skorupą glebową – *biological soil crust* (Belnap i in., 2003).

Kolejnym źródłem wzbogacania wyrobisk po eksploatacji piasku w składniki pokarmowe są dostawy materiału allochtonicznego z sąsiednich kompleksów leśnych i łąkowych. Uwarunkowane jest to stosunkowo niewielkim rozmiarem i formą wyrobisk, co sprzyja gromadzeniu się allochtonicznej materii organicznej, zwiewanej w postaci cząstek gleby i szczątków roślin. Materia ta gromadzi się przede wszystkim w zagłębieniach terenu, u podnóża wzniesień i w miejscach wilgotnych. Przechwytywanie to powoduje dodatkowo miejscowe wzbogacanie

podłoża i jest jedną z przyczyn szybkiego tempa sukcesji i bogactwa florystycznego w porównaniu z powierzchniami znajdującymi się w otoczeniu piaskowni (Rahmonov, Kin, 2007).

## Podsumowanie

Wstępne wyniki badań nad procesami spontanicznego wkraczania roślinności na obszary poeksploatacyjne wskazują na ich wysoką wartość jako poligonu badań nad regeneracją ekosystemów na terenach odkształconych. Nierekultywowane wyrobiska są naturalnymi laboratoriami umożliwiającymi obserwację przebiegu sukcesji roślinno-glebowej.

Na najstarszych badanych powierzchniach piaskowni Kuźnica Warężyńska sukcesja roślinna zachodzi już ok. 25 lat. Z analizy składu gatunkowego roślin spontanicznie zasiedlających podmokłe spągi wyrobisk wynika, że inicjalne stadia sukcesyjne budowane są głównie przez gatunki o strategii typu R, w tym: mszaki, skrzypy i storczykowate oraz drzewa pionierskie.

W obserwowanym na wyrobisku szeregu sukcesyjnym wyróżniono 3 stadia (inicjalne, optymalne i terminalne), w obrębie których wydzielono 6 faz. Najstarszym obserwowanym etapem sukcesji są zbiorowiska ze związku *Dicrano-Pinion*.

Formująca się gleba pod względem morfologicznym jest różna we wszystkich stadiach sukcesyjnych. Są to inicjalne gleby ubogie w składniki pokarmowe i charakteryzujące się odczynem od lekko kwaśnego do obojętnego. Właściwości fizykochemiczne gleby na tym obszarze uwarunkowane są przede wszystkim poziomem wód gruntowych, zawartością jonów  $\text{Ca}^{2+}$  w wodzie i czasem trwania sukcesji.

Badania wykazały, że przebieg sukcesji na siedliskach zasilanych wodami podziemnymi jest inny niż w miejscach zasilanych wodami opadowymi. Różnice te uwidaczniają się przede wszystkim w pierwszej fazie stadium optymalnego.

O składzie gatunkowym tworzących się na dnie wyrobisk zbiorowisk roślinnych decyduje stopień uwilgotnienia piasku i właściwości fizykochemiczne wód wsięgowych.

# Literatura

- Armesto J.J., Pickett S.T.A., 1986: Removal experiments to test mechanisms of plant succession in old fields. *Vegetation*, 66, s. 85–93.
- Bednarek R., Dziadowiec H., Pokojska U., Prusinkiewicz Z., 2004: Ecological and Soil Investigation (in Polish). Warszawa, PWN.
- Belnap J., Büdel B., Lange O.L., 2003: Biological Soil Crust: Characteristics and Distribution. In: *Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management*. Eds. J. Belnap, O.L. Lange. Ecological Studies, 150, s. 3–30.
- Cabała J., Rahmonov O., 2004: Cyanophyta and algae as an important component of biological crust from Pustynia Błędowska Desert (Poland). *Polish Bot. J.*, 49, 1, s. 93–100.
- Cieszko J., Kucharczyk M., 1997: Closed sandpits as secondary biotopem of mars clubmoss *Lycopodiella inundata* (L.) HOLUB. In: *Vegetation of sandy areas*. Ed. S. Wika. Katowice–Tychy, WBiOŚ UŚ i Zarząd ZJPK woj. katowickiego, s. 50–60.
- Crocker R.L., Major J., 1955: Soil development in relation to vegetation and surface age at Glacier Bay, Alaska, *Journal of Ecology*, 43, s. 427–428.
- Czyłok A., 1997: Pioneering plant communities with variegated horsetail *Equisetum variegatum* in the areas of sand-pits. In: *Vegetation of sandy areas*. Ed. S. Wika. Katowice–Tychy, WBiOŚ UŚ i Zarząd ZJPK woj. katowickiego, s. 61–66.
- Czyłok A., 1998: Some interesting aspects of biodiversity in anthropogenic areas (in Polish). W: *Problemy środowiska i jego ochrony*. Katowice, Centrum Studiów nad Człowiekiem i Środowiskiem, Uniwersytet Śląski, s. 97–107.
- Czyłok A., 2004: The vegetation of sand excavations in the Silesian Upland (in Polish). W: *Zróżnicowanie i przemiany środowiska przyrodniczo-kulturowego Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej*. T. 1: Przyroda. Red. J. Partyka. Ojców 1, s. 205–212.
- Czyłok A., Rahmonov O., 1996: Unique phytocenosis of excavations in eastern part of Katowice province (in Polish). W: *Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrony przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*, 23. Katowice–Sosnowiec, WBiOŚ UŚ, WNoZ UŚ, s. 27–31.
- Czyłok A., Rahmonov O., 1998: The initial stages of succession with variegated horsetail *Equisetum variegatum* Schleich on wet sands of surface excavations. In: *Anthropogenic aspects of geographical environment transformations*. Eds. J. Szabo, J. Wach. Debrecen–Sosnowiec, s. 81–86.
- Czyłok A., Rahmonov O., 2004: The encroachment of Scots pine *Pinus sylvestri* L. on the area of former sand exploitation in the Eastern Silesian Upland. Coniferous forest vegetation – differentiation, dynamics and transformations. Poznań, Wydawnictwo Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, s. 251–256.
- Czyżewska K., 1992: Syntaksonomi of inland, pioners sandy grasses (in Polish). *Monogr. Bot.*, 74.
- Dziadowiec H., 1990: Decomposition of litters in selected forest ecosystems (mineralization, nutrient release, humification (in Polish). Toruń.
- Elgersma A.M., 1998: Primary forest succession on poor sandy soils as related to site factors. *Biodivers. Conserv.*, 7: 193–206.
- Falińska K., 2003. Alternative pathways of succession: species turnover patterns in meadows abandoned for 30 years. *Phytocenosis*, 15 (N.S.). *Arch. Geobot.* [Warszawa–Białowieża], 9.
- Fastil C.L., 1995: Causes and ecosystem consequences of multiple pathways on primary succession at Glacier Bay, Alaska, *Ecology*, 76, s. 1899–1916.
- Fromm A., Jakob S., Tischew S., 2002: Sandy grassland in former mining areas. *Natursch. und Landschaftsplanung*, 34, s. 45–51.

- Fukarek F., 1967: Fitosocjologia. Warszawa, PWRiL.
- Gilewska S., Klimek K., 1967: Quarternary of Silesian Upland (in Polish). In: Czwartorzęd Polski. Warszawa, PWN.
- Isermann M., 2005: Soil pH and species diversity in coastal dunes. *Plant Ecol.*, 178, s. 111–120.
- Jankowski M., Bednarek R., 2000: Quantitative and qualitative changes of properties as basis for distinguishing development stages of soils formed from dunes sand. *Pol. J. Soil Sci.*, 33, s. 61–69.
- Jankowski M., Bednarek R., 2002: Secondary development stages of soils formed on inland dunes under pine woodlands. *Transactions CD-ROM, Symp. 39, No 797, 17<sup>th</sup> WCSS*, 14–21 August, Bangkok, Thailand, s. 12.
- Jentsch A., Beyschlag W., 2003: Vegetation ecology of dry acidic grasslands in the lowland area of central Europe. *Flora*, 198, s. 3–25.
- Jian-Gang Y., Wei F., Ling F., Yan C., Dong-Qing W., Zhong-Yi Y., 2006: Soil formation and vegetation establishment on the cliff face of abandoned quarries in the early stages of natural colonization. *Restor. Ecol.*, 14, 3, s. 349–356.
- Krawczyk E.W., 1999: Hydrochemia (in Polish). Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego.
- Leśniok M., 1996: Zanieczyszczenie wód opadowych w obrębie Wyżyny Śląsko-Krakowskiej. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego.
- Leśniok M., 2000: Różnicowanie zanieczyszczenia powietrza i zakwaszenia opadów atmosferycznych na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej w latach 1986–1999. W: Materiały z konferencji nt. „Środowisko przyrodnicze regionu górnośląskiego – stan poznania, zagrożenia i ochrona”. Sosnowiec, WNoZ UŚ.
- Lukešová A., 2001: Soil algae in brown coal and lignite post-mining areas in Central Europe (Czech Republic and Germany). *Restor. Ecol.*, 9, s. 341–350.
- Mannion A.M., 2001: Global environment change. A natural and cultural environmental history. Addison Wesley Longan.
- Matuszkiewicz W., 2001: Guidebook for identification of plants community in Poland (in Polish). Warszawa, PWN.
- Mirek Z., Piękoś-Mirkowa H., Zając A., Zając M., 2002: Flowering plants and pteridophytes of Poland. A checklist. Kraków, W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences.
- Nierop K.G.J., van Lagen B., Buurman P., 2001: Composition of plant tissues and soil organic matter in the first stages of a vegetation succession. *Geoderma*, 100, s. 1–24.
- Novak J., Prach K., 2003: Vegetation succession in basalt quarries: pattern on a landscape scale. *Applied Vegetation Science*, 6, s. 111–116.
- Ochyra R. Szmajd P., (Eds.), 1992: Atlas of the geographical distribution of mosses – Atlas rozmieszczenia geograficznego mchów w Polsce. Cz. 8. Kraków, Instytut Botaniki im. Władysława Szafera PAN, s. 9–14.
- Osbornová J., Kovárová M., Lepš J., Prach K., 1990: Succession in abandone fields. In: *Studies in Central Bohemia, Czechoslovakia. Geobotany. 15*. Kluwer Academic Publishers.
- Ośródka J., 1992: Charakterystyka klimatologiczna województwa katowickiego. Katowice, IMGW, ZM i BS.
- Pełka-Gościński J., 2007: Aeolian processes in old and new industrialised areas in the Silesian Upland. *Acta Geographica Silesiana*, 1, s. 41–44.
- Paczyńska-Fałtynowicz J., 1997: Algae [in Polish]. W: *Przyroda Słowińskiego Parku Narodowego*. Red. H. Piotrowska. Poznań–Gdańsk, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, s. 143–156.
- Pickett S.T.A., 1989: Space-for-time substitution as an alternative to long-term studies. In: *Long-term Studies in Ecology: Approaches and Alternatives*. Ed. G.E. Likens. New York, Springer Verlag, s. 110–135.
- Rahmonov O., 2007: Relations between vegetation and soil in initial phase of succession in sandy areas. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego.

- Rahmonov O., Kin N.O., 2007: Role of allochthonous substance in initial stage of succession. *Acta Geographica Silesiana*, 1, s. 53–60.
- Rahmonov O., Piątek J., 2007: Sand colonization and initiation of soil development by cyanobacteria and algae. *Ekologia [Bratislava]*, 26, 1, s. 52–63.
- Rahmonov O., Szymczyk A., 2010: Relations between vegetation and soil in initial succession phases in post-sand excavations. *Ekologia [Bratislava]*, 29, 4, s. 412–429.
- Rostański A., 2006: Spontaniczne kształtowanie się pokrywy roślinnej na zwałowiskach po górnictwie węgla kamiennego na Górnym Śląsku. Katowice, Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego.
- Shtina E.A., Hollerbach M.M., 1976: Ecology of soil algae. Moscow, Nauka.
- Symonides E., 1986: Seed bank in old-field successional ecosystems. *Ekol. Pol.*, 34, 1, s. 3–29.
- Szczypek T., Wach J., 1989: Accumulation phases of the Quaternary deposits in the Błędów Desert based on lithological studies. In: *Quaestiones Geographicae*, Sl. 2. Poznań, Wydawnictwo Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, s. 137–145.
- Szymczyk A., 1998: Regeneration of biocenosis in excavation in exaple of Siemonia [in Polish]. W: *Geografia w kształtowaniu i ochronie środowiska oraz transformacji gospodarczej regionu górnośląskiego*. Sosnowiec, WNoZ UŚ, s. 58–59.
- Szymczyk A., 1999: Significance of karst water outflows to spontaneous regeneration of biocenosis on the basis in Siemonia sandpit, Poland. In: *Acta Universitatis Szegediensis, Acta Geographica*. 36. Szeged–Budapest–Miskolc, s. 78–84.
- Szymczyk A., 2001: Uwarunkowania siedliskowe sukcesji na wyrobiskach po eksploatacji piasku. Sosnowiec, WNoZ UŚ [maszynopis].
- Święs F., 1988: Geobotanical differentiation of tundra in southern coast of Bellsund [in Polish] (zachodni Spitsbergen). W: *Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen*. Lublin, Wydawnictwo UMCS, s. 215–228.
- Walker L.R., Chapin F.S., 1987: Interactions among processes controlling successional change. *Oikos*, 50, s. 131–135.
- Weigelt A., 2001: Plant competition on inland dunes: Influence of water availability, nitrogen supply and the role of belowground processes. Universität Bielefeld, PhD thesis.
- Zajac M., 1996: Mountain vascular plants in the Polish Lowlands. *Polish Botanical Studies [Kraków]*, 11, s. 1–92.

Оймахмад Рахмонов, Артур Шимчик

## РАЗВИТИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ПЕСЧАНЫХ КАРЬЕРАХ

### Резюме

Разработка песка открытым способом всегда ведет к полному уничтожению первичного растительного и почвенного покрова. В настоящей статье представлены взаимоотношения между растительностью и почвами на начальной стадии сукцессии в пределах песчаного карьера. Исследования проводились в песчаном карьере „Кузьница Варенжиньска” на Силезской возвышенности (Южная Польша). Полученные результаты показывают, что на открытых эксплуатацией песках, где не происходит рекультивация, имеет место спонтанная регенерация растительно-почвенного покрова. В данном случае обнаружены 3 стадии сукцессии (инициальная, оптимальная, терминальная – конечная), в рамках которых выделены 6 фаз.

Первым этапом сукцессии выступают сообщества союза *Dicrano-Pinion*, а время сукцессии на старейших поверхностях составляет примерно 25 лет. Формирующаяся почва морфологически отличается на всех стадиях сукцессии. По степени развития почвообразовательных процессов наблюдаемые почвы, даже на старейших поверхностях, характеризуются инициальным характером и скудностью питательными веществами, а также кисловатой и щелочной реакцией. Физико-химические свойства почв, формирующихся в пределах песчаного карьера, обусловлены, прежде всего, уровнем грунтовых вод, химическим составом субстрата, и продолжительностью сукцессии. Ход сукцессии, в свою очередь, зависит как от подземных вод, так и от атмосферных осадков. Различия наблюдаются, в основном, в первой фазе оптимальной стадии. Песчаный карьер „Кузняца Варенжиньска” отличается, кроме того, значительной дифференциацией растительности, обусловленной мозаичностью микробиотопов. Биотопная дифференциация в песчаном карьере связана, прежде всего, с разнообразной топографией днища, специфической микротопографией и гидрогеологическими условиями.

Oimahmad Rahmonov, Artur Szymczyk

## DEVELOPMENT OF VEGETATION AND SOIL COVER ON THE SANDPITS

### Summary

Strip mine type of exploitations always conducts to totally elimination of primary vegetation and soil cover. The article shows the relationship between colonizing vegetation and development of soil cover in the initial stages of succession on the sandpits. The investigations were conducted in the area of „Kuźnica Warężyńska” sandpit, which located in the Silesian Upland (southern Poland). The result shows that in the bare area the process of succession and soil development has natural character. In the research area was identified 3 stages of succession (initial, optimal and terminal), which divided into 6 phases. The oldest phase is represented by community form *Dicrano-Pinion* union and the duration of succession – oldest surfaces was estimated about 25 year. The soil morphology is different in particular stages of succession. Analyzed soil are characterized slightly acid or alkaline, poor in nutrient components and they are in initial stage of soil development, independently from age of surfaces. The chemical and physical of soil in the area of sand pit conditioned first of all by level of ground water, chemical composition of medium and duration time of succession. The investigation shows that the course of succession conditioned by ground water as well as precipitations. The „Kuźnica Warężyńska” sandpit is characterized vegetation differentiation which conditioned by habitats micromosaic, microrelief and hydrogeological conditions.